



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06125537 A**(43) Date of publication of application: **06.05.94**

(51) Int. Cl.

H04N 7/13
G06F 15/66
H03M 7/30
H04N 1/415

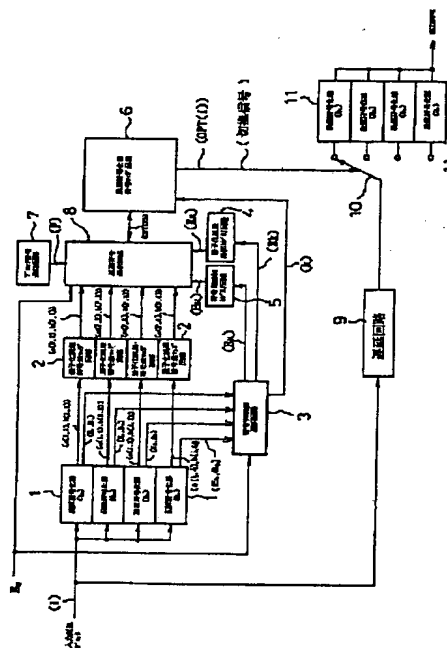
(21) Application number: **04274127**(71) Applicant: **NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>**(22) Date of filing: **13.10.92**(72) Inventor: **KUGE TETSUO**(54) **CODE AMOUNT CONTROL SYSTEM WHEN IMAGE ENCODING**

(57) Abstract:

PURPOSE: To optimize the sum of total code amount and quantizing errors by determining an optimum encoding parameter for each block so that the quantizing errors may be the fewest one and the code amount may be the nearest to set code amount.

CONSTITUTION: The quantizing error and code length of each block are generated by four preencoders 1. Next, the sum of the whole quantizing errors and code length is determined from a quantizing error code length map circuit 2. The number of the preencoder 1 which has an optimum encoding parameter for each block is determined by an optimum code selection circuit 8 so that the quantizing errors may be the fewest and the code amount may be the nearest to set code amount based on this sum. Based on this determined result, one of the postencoders 11 corresponding to the preencoder 1 is selected and an encoding is performed.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3281423号

(P3281423)

(45)発行日 平成14年 5月13日 (2002. 5. 13)

(24)登録日 平成14年 2月22日 (2002. 2. 22)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 4 N 7/24

H 0 4 N 7/13

Z

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-274127

(22)出願日 平成 4 年10月13日 (1992. 10. 13)

(65)公開番号 特開平6-125537

(43)公開日 平成 6 年 5 月 6 日 (1994. 5. 6)

審査請求日 平成11年10月 8 日 (1999. 10. 8)

特許権者において、実施許諾の用意がある。

(73)特許権者 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南 2 丁目 2 番 1 号

(72)発明者 久下 哲郎

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本
放送協会放送技術研究所内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外 2 名)

審査官 國分 直樹

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

H04N 7/24 - 7/68

H04N 1/41 - 1/419

H04N 5/91 - 5/956

(54)【発明の名称】 画像符号化時における符号量制御装置

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】 符号化対象となる画像をN個のブロックの集合に変換した後、ブロック毎に可変長符号を生成する非可逆符号化方式であって、

ブロック単位の変長符号化器C(k)をK種類備え、あるブロック i に対して可変長符号化器C(k)を適用した場合に発生する可変長符号の長さb(i,k)を計数する計数手段と、

そのブロックの符号化誤差e(i,k)を計算する符号化誤差演算手段と、

ブロックの添字集合{1, ..., N}から符号化器の添字集合{1, ..., K}への対応を与える写像を ψ とすると、2N個の量、

2

$e(1, \psi(1))$, $b(1, \psi(1))$

...

$e(N, \psi(N))$, $b(N, \psi(N))$

に基づく評価関数Fを計算する評価関数演算手段と、前記評価関数Fを最小化する写像 ψ を決定する写像決定手段と、

を備えて成り、

前記評価関数演算手段は、N個の量、

$e(1, \psi(1))$

...

$e(N, \psi(N))$

10

を変数とし、それらの総和を計算する関数を関数Eとし、係数 λ を用いて、

【数1】

$$F = E(e(1, \psi(1)), \dots, e(N, \psi(N))) \\ + \lambda \cdot \left\{ \left(\sum_{i=1}^N b(i, \psi(i)) \right) - B_0 \right\}^2$$

として計算する手段であり、
前記写像決定手段は、
符号量の総和、

【数2】

$$\sum_{i=1}^N b(i, \psi(i))$$

を予め設定した符号量 B_0 に一致させるために、予め与えられた関数 ψ について、前記各ブロックをある定められた順序で選択し、

ある時点で選択されたブロックを i とすると、当該ブロック i の関数値 $\psi(i)$ （当該ブロック i に割り当てべき符号化器番号）の割当を $\psi(i) = k$ とすると、前記評価関数 F の値をより小さくするように当該ブロック i に対する割当の値 k を変更し、さらに i 以外の他のブロックに対してもこの割り当て変更を逐次的に実施し、前記写像 ψ の K 通りの定値関数 ψ_k （ただし、 $k = 1, \dots, K$ ）を、全ての i に対して、

$$\psi_k(i) = k$$

とすると、前記 K 通りの定値関数 ψ_k による符号化器割当てを行って得られる K 通りの符号量総和 $B(\psi_1), \dots, B(\psi_K)$ と、 K 通りの符号化誤差総和 $E(\psi_1), \dots, E(\psi_K)$ とを計算し、前記 K 通りの符号量総和の中から予め設定した符号量 B_0 に最も近い符号量総和 $B(\psi_k)$ を選択し、選択された番号 k による定値関数 ψ_k を写像 ψ の初期値として ψ を逐次的に決定する手段である、ことを特徴とする画像符号化時における符号量制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像の構成単位である1フレームの $1/S$ （サブフレーム）を処理単位とするような画像符号化を行う場合、その処理単位毎に発生する符号量を予め定めた値を上限とするように固定制御する画像符号化時における符号量制御装置に係わり、特に動画像蓄積メディア（例えば、カセット型デジタルVTRなど）のための動画像符号化や、静止画像蓄積メディア（例えば、デジタルスチールカメラなど）のための静止画像符号化などに応用可能な画像符号化時における符号量制御装置に関する。

【0002】【発明の概要】本発明は、動画像蓄積メディア（例えば、カセット型デジタルVTRなど）のための動画像符号化や静止画像蓄積メディア（例えば、デ

ジタルスチールカメラなど）のための静止画像符号化において、画像の構成単位である1フレームの $1/S$

（以下「サブフレーム」と呼ぶ。 S は自然数で $S \geq 1$ 、

10 例えば、TV信号での1フィールドは $S = 2$ のときの1サブフレームである。）を処理単位とし、さらに1サブフレームを複数の画素ブロックに分割するような画像符号化を行う場合、その処理単位である1サブフレーム毎に発生する符号量を予め定めた値を上限とするように固定制御する方式（固定長符号制御方式）であり、各ブロック毎に最適な符号化パラメータ Q_k を選択して符号化し総符号量、量子化誤差の総和を最適化する。

【0003】

【従来の技術】

20 《動画像蓄積メディアの動画像符号化における固定長符号化の必要性》一般に、動画像の伝送や、編集を伴わない場合の動画像記録においては、画像の構成単位である個々のフレーム／フィールドに対応する符号量が、必ずしもフレーム／フィールド毎に一定である必要はない。そのため、この目的のための動画像符号化方式（MPEGなど）では、フレーム／フィールド間の画像相関を利用するなどして、画像1枚ごとには必ずしも符号量が一定とはならないが、符号化の対象となる動画像全体に対して所望の一定レートの圧縮率を実現する方式（レート一定型符号制御方式）が用いられる。

【0004】この方式では、所望の符号レートの実現法としては、発生した符号をFIFO型のバッファに書き込み、所望のレートでコンスタントに読み出すことにより行われる。この場合、FIFO型のバッファがアンダーフローやオーバーフローを起こさない様に（理想的には、バッファの占有量が常にほぼ $1/2$ となるように）、符号化パラメータを制御することになる。この制御はFIFO型バッファの最大容量をある程度、大きくしておけば、容易にかつ確実に行える。

【0005】ところが、カセット型デジタルVTRなどの動画像蓄積メディアにおいては、単に動画像全体の記録・再生を行うだけでなく、その中の特定のフレームの切り出しや、フレーム／フィールド単位での編集が必要となる。このような編集においては、言うまでもなく、メディア上に記録されている符号化データを画像に復号することなく、符号化データのままで編集することが、画質劣化の防止、編集実行時間の短縮化の観点から必要で、したがって、フレーム／フィールドを処理単位として固定長符号化することが望まれる。

【0006】さらに、デジタルVTRにおいては、画

像の構成単位である1フレーム/1フィールドを複数のトラックに渡って記録することが多く、1トラックに相当する画像を、画像符号化の処理単位とすることも考えられる。

【0007】以上の説明から明らかなように、動画像蓄積メディアのための動画像符号化では、画像の構成単位である1フレームの1/S（サブフレーム。Sは自然数で $S \geq 1$ ）を符号化の手順が完結する処理単位とし、かつ、処理単位毎に発生する符号量が一定化される方式（固定長符号制御方式）の採用が必須の条件となる。

【0008】《従来の固定長符号化技法》以下、画像符号化方式を、サブフレームを単位として以下に示す、直交変換（DCT等）＋スカラー量子化＋可変長符号（エントロピー符号）…（1）

を行う場合を例にして説明する。

【0009】この場合、符号化は、サブフレーム内の縦m画素×横n画素のm×n画素ブロックを単位として行われ、可変長符号が生成される。

【0010】すなわち、この1ブロック毎に、直交変換による変換係数がm×n個得られ、これを量子化してm×n個の整数の組を得て、この整数の組を可変長符号に変換する。

【0011】この手順から分かるように、変換係数をいかに量子化するかが、画質（量子化雑音）と、生成される可変長符号の量（圧縮率）の両者とを決定する重要なファクターとなる。

【0012】一般の画像を対象とするDCTなどの直交変換では、エネルギーが低次の変換係数に集中する、という実験的事実が知られている。この事実に基づき、変換係数に対する上記量子化は、次低の変換係数ほど細かく量子化し、高次の変換係数ほど荒く量子化するような量子化器を用いるのが普通である。

【0013】ところが、上記のエネルギーの低次係数への集中度合は、符号化の対象となる画像によって異なるため、量子化器を固定化すると、画像によって、最終的に得られる符号（可変長符号）の総量が異なる。すなわち、細かい絵柄の場合、符号量が増加し、平坦な部分の多い絵柄では符号量が減少する。

【0014】このため、伝送のための動画像画像符号化などでは、一定の符号レートを実現するのに、前述したように、符号を蓄積するFIFO型のバッファを用い、バッファの占有量を監視して、スカラー量子化器の「荒さ」を制御する方法が用いられている。この場合、複数のフレーム/フィールドに渡る符号量の平均値として、所定の符号レートが実現できておればよい。

【0015】ところが、ここで問題としているサブフレーム内固定長符号化方式においては、符号化の処理単位（1サブフレーム）当たりの符号量が、厳密に所定の符号量以下でなければならないので、このようなバッファ制御は利用できない。

【0016】このように、従来の固定制御で多く用いられている方式は、画素ブロックに対する直交変換の結果から、その符号量を予測する「予測関数」を用意し、それに基づいて、そのブロックに適用すべき、量子化器の「荒さ」を決定するものである。

【0017】《従来の符号量予測関数の例（アクティビティによる符号量予測）》従来よく用いられる符号量予測関数は、m×n画素単位の1ブロック当たりのエントロピー符号の量を予測するものであり、一般には、1ブロック当たりのアクティビティA（直交変換係数のうち、DC成分以外の変換係数の自乗和、すなわちACエネルギー）と、量子化器の「荒さ」を制御する符号化パラメータQとなるスカラー量Q（例えば、JPEGにおけるQファクター）の関数、

$$f(Q, A) \quad \dots (2)$$

として表される場合が多い。この符号量予測関数f

(Q, A)を理論的に求める手段はもとよりないので、現実的に行われる方法としては、標準的と思われる複数の画像に対して、何通りかのスカラー量Qについて符号化を行い、個々のブロックでのアクティビティAと、エントロピー符号の量bとを実測し、これら多数の実測値の組の集合、

$$\{(A, Q, b)\} \quad \dots (3)$$

から内挿することにより、符号量予測関数、

$$b = f(A, Q) \quad \dots (4)$$

あるいは、この関数をスカラー量Qについて解いたもの（符号化パラメータ予測関数）

$$Q = g(b, A) \quad \dots (5)$$

を作成する。そして、符号化器では、あるブロックの符号化パラメータQについて、そのブロックに割り当てることが許されている符号量bと、そのブロックについてのアクティビティAから、符号化パラメータ予測関数 $Q = g(b, A)$ により、符号化パラメータQを決定する。

【0018】しかしながら、この場合、最大の問題は、「汎用性で効率的な予測関数」が用意できるかという点にある。

【0019】すなわち、画像の種類によらずに、与えられた符号量の枠内で、画像全体の符号化誤差が最も少なくなるように、各ブロックへの符号割り当てができるような予測関数が必要なのであるが、予測関数の作成に使用した画像以外の画素については、その予測値は保証の限りではない。その結果、標本画像を使って求めた符号化パラメータ予測関数 $g(b, A)$ によって一般画像を実際に符号化したときの符号量は、設定符号量に対して、さほど一致しない。そのため、所定の符号量にまでいたらない過少な符号の生成（アンダーフロー）や、逆に所定の量を越えた符号の生成（オーバーフロー）が常に発生する。

【0020】前者の場合、本来実現できるかも知れない

画質を下回る画質となるが、破綻的ではない。

【0021】ところが、後者の場合、なんらかの「符号切捨て処理」を行うことが必須となる。すなわち、符号量を減らすべきブロックを選び出し、それらブロックの符号化パラメータを変更することで、符号量を減らし

(その結果、それらブロックでは画質は低下することは避けられないが)、全体の符号量が所定の値におさまる様な調整を行う。

【0022】一般に、符号化画像に関しては、アクティビティ、符号量、量子化誤差には比例的な関係があるという実験的事実がある。このことから、このような符号量制御は、アクティビティを指標として用いることによる量子化誤差の間接的な制御を行っているものと理解される。

【0023】すなわち、この方式は必ずしも、その符号量で最大限達成できるはずの最良(量子化誤差が少ない)の画素の実現を直接的に目指している、というわけではないことになる。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】以上述べてきたことから分かるように、このような予測関数を用いる符号量制御方式の問題点は、次の2つに要約される。

【0025】その1つは、予測関数の精度があまり高くないので、破綻を回避するための「切捨て処理」にかなりの重点を置く必要がある。そのため、ブロックによる画質のばらつきが発生し、結果として、画質を安定的に制御できない。

【0026】他の1つは、最良な画質(量子化誤差の最小化)の実現を直接に目指す制御とは言えない。

【0027】本発明は上記の事情に鑑み、各ブロックの量子化誤差と符号長とを計測することによって、画像全体の(量子化誤差、符号長)の分布を得たのち、この分*

*布に基づいて、画像全体として、最も量子化誤差が少なく、かつ、設定符号量に最も近い符号量となるように、各ブロックに対する最適符号化パラメータQを決定する画像符号化時における符号量制御装置を提供することを目的としている。

【0028】すなわち、本発明は与えられた設定符号量の枠を目いっぱい使って、最も量子化誤差が少なくなるように、ブロックの量子化誤差を直接の指標として使って、各ブロックへの最適符号化割り当てを実現するもので、各ブロックへの符号化パラメータの選択を、画像全体の画質と符号量とをにらみながら決定し、さらに非常に高い精度で安定的に設定符号量を達成し、これによって破綻的なオーバーフロー発生の危険を著しく少なくすることができる画像符号化時における符号量制御装置を提供することを目的としている。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明に係る画像符号化時における符号量制御装置は、符号化対象となる画像をN個のブロックの集合に変換した後、ブロック毎に可変長符号を生成する非可逆符号化方式であって、可変長符号の長さ $b(i,k)$ を計数する計数手段と、評価関数Fを計算する評価関数演算手段と、前記評価関数Fを最小化する写像 ψ を決定する写像決定手段とを備えて成り、前記評価関数演算手段は、N個の量、

$$e(1, \psi(1))$$

$$\vdots$$

$$e(N, \psi(N))$$

を変数とし、それらの総和を計算する関数を関数Eとし、係数 λ を用いて、

【数8】

$$F = E(e(1, \psi(1)), \dots, e(N, \psi(N)))$$

$$+ \lambda \cdot \left\{ \left(\sum_{i=1}^N b(i, \psi(i)) \right) - B_0 \right\}^2$$

として計算する手段であり、前記写像決定手段は、符号量の総和、

【数9】

$$\sum_{i=1}^N b(i, \psi(i))$$

を予め設定した符号量 B_0 に一致させるために、予め与えられた関数 ψ について、前記各ブロックをある定められた順序で選択し、ある時点で選択されたブロックを i とすると、当該ブロック i の関数値 $\psi(i)$ (当該ブロック i に割り当てべき符号化器番号)の割り当てを $\psi(i) = k$ とすると、前記評価関数Fの値をより小さくするように当該ブロック i に対する割り当ての値 k を変更し、さ

らに i 以外の他のブロックに対してもこの割り当て変更を逐次的に実施し、前記写像 ψ のK通りの定値関数 ψ_k (ただし、 $k=1, \dots, K$)を、全ての i に対して、 $\psi_k(i) = k$ とすると、前記K通りの定値関数 ψ_k による符号化器割り当てを行って得られるK通りの符号量総和 $B(\psi_1), \dots, B(\psi_K)$ と、K通りの符号化誤差総和 $E(\psi_1), \dots, E(\psi_K)$ とを計算し、前記K通りの符号量総和の中から予め設定した符号量 B_0 に最も近い符号量総和 $B(\psi_k)$ を選択し、選択された番号 k による定値関数 ψ_k を写像 ψ の初期値として ψ を逐次的に決定する手段であることを特徴としている。

【0030】

【作用】上記の構成において、ブロック単位の変長符

号化器 $C(k)$ を k 種類用意し、あるブロック i に対して $C(k)$ を適用した場合に発生する可変長符号の長さを $b(i,k)$ 、そのブロックの符号化誤差を $e(i,k)$ 、ブロックの添字集合 $\{1, \dots, N\}$ から符号化器の添字集合 $\{1, \dots, K\}$ への対応を与える写像を ψ とすると、 $2N$ 個の可変長符号の長さを $b(i,k)$ 、そのブロックの符号化誤差を $e(i,k)$ を変数とする評価関数 F を最小化することで、符号量の総和 $b(1, \psi(1)) + \dots + b(i, \psi(i)) + \dots + b(N, \psi(N))$ が予め設定した符号量 B_0 に等しくなるように、各ブロックに対する符号化器に割り当てる写像 ψ を決定することにより、最適な符号化パラメータでブロックを符号化し、これによって総符号量、量子化誤差の総和を最適化する。

【0031】

【実施例】

《本発明の基本原則》まず、最適符号割り当て問題の定式化を行いながら、本発明による符号量の制御手順について説明し、次に、その手順を実行するハードウェアの具体的な構成方法について、図を用いながら説明する。

【0032】＜最適符号割り当て問題の定式化と、本発明による符号量制御手順＞まず、符号化パラメータ Q として K 通りの値、

$$\{Q_1, \dots, Q_K\} \quad \dots (6)$$

を用意する。

【0033】また、画素ブロックの個数を N とし、第 i 番目の画素ブロックを、符号化パラメータ Q_k で符号化*

$$E(\psi) = \sum_{i=1}^N e(i, \psi(i)) \quad \dots (10)$$

$$B(\psi) = \sum_{i=1}^N b(i, \psi(i)) \quad \dots (11)$$

となる。一方、画像全体に対して予め定められた符号の総量を B_0 とすると、最適な符号化パラメータ割り当て関数 ψ を決定するという問題は、以下のような、拘束条件付き最小化問題[A]に定式化される。

$$【0036】 B(\psi) = B_0 \quad \dots (12)$$

【A】：「(12)式のもとで、 $E(\psi)$ を最小化する※

$$F(\psi) = E(\psi) + \lambda \cdot (B(\psi) - B_0)^2 \quad \dots (14)$$

【B】：「ある適正な正数 λ を用いて(14)式に示す汎関数 $F(\psi)$ を最小化する関数 ψ をみつけよ」
(15)

の解として得られる。とすると、ここで問題としている1枚の画像に対する最適な符号化戦略を決定することは、その画像に対する問題[B]の解 ψ を求めることになる。

【0037】とはいうものの、この最適化問題の最適解を得ることは、単純に言って、 K^N 通りの関数 ψ の中から最適な関数 ψ を探すことであり、仮に $k=2$ 、 $N=6$

*した場合の量子化誤差を $e(i,k)$ 、符号長を $b(i,k)$ とする。

【0034】ここで、 N 個のブロック1つ1つに、 K 種類のうちの符号化パラメータ $\{Q_1, \dots, Q_K\}$ のいずれかを割り当てるということは、添字集合、

【数3】

$$I = \{1, \dots, N\} \quad \dots (7)$$

から、添字集合、

【数4】

$$K = \{1, \dots, K\} \quad \dots (8)$$

への対応を与える写像 ψ 、

【数5】

$$\psi: I \rightarrow K \quad \dots (9)$$

を1つ定めることにほかならない。すなわち、 $\psi(i)$ は、第 i 番目の画素ブロックに適用すべき符号化パラメータの番号を示す。言い替えると、写像 ψ を1つ定めることは、 K 通りの符号化パラメータ $\{Q_1, \dots, Q_K\}$ のもとでの、 N 個のブロックから成る画像全体に対する符号化戦略を1つ決定したことになる。

【0035】以下、この写像 ψ を「符号割り当て」関数と呼ぶ。この関数 ψ の下での、画像全体の量子化誤差の総和 $E(\psi)$ 、符号量の総和 $B(\psi)$ は、

【数6】

※ような関数 ψ を見つけよ」

(13)

ところで、上記の最適化問題[A]の解となる関数 ψ は、ラグランジェの未定乗数法などで良く知られているように、次のような最小化問題[B]、

4としても、関数 ψ の候補の総数は、

$$K^N = 1.84 \times 10^{19} \quad \dots (16)$$

となり、現実には最適解の発見は不可能であることが分かる。

【0038】ところが、本発明の手法を用いると、必ずしも最適ではないにせよ、準最適な関数 ψ を、極めて高速に(実時間で)求めることができる。

【0039】以下、本発明の、問題[B]に対する最適解の符号割り当て関数 ψ (正確には準最適解である)を高速に求める制御手順について述べる。

【0040】まず、N個の全てのブロックに対して、符号化パラメータに一定の値 Q_k を選択したとすると、符号割り当て関数として、

$$\text{全ての } i \text{ に対して、} \psi_k(i) = k \quad \dots (17)$$

として定義される定値関数 ψ_k を用いたことになる。

【0041】そして、入力された符号化画像に対して、K通りの定値関数、

$$\psi_1, \dots, \psi_K \quad \dots (18)$$

を適用すると、画像全体の符号量としてK通りの値、

$$B(\psi_1), \dots, B(\psi_K) \quad \dots (19)$$

が得られる。

【0042】この中から設定符号量 B_0 に最も近くなるような符号量を実現する定値関数を選ぶ。これが関数 ψ_k であったとすると、N個の全てのブロックに対して、同一の符号化パラメータ Q_k を選んだ時、設定符号量 B^*

$$B(\psi, p, k) = B(\psi) - b(p, \psi(p)) + b(p, k) \quad \dots (21)$$

$$E(\psi, p, k) = E(\psi) - e(p, \psi(p)) + e(p, k) \quad \dots (22)$$

$$F(\psi, p, k) = E(\psi, p, k) + \lambda \cdot (B(\psi, p, k) - B_0)^2 \quad \dots (23)$$

であって、 $B(\psi, p, k)$ 、 $E(\psi, p, k)$ 、 $F(\psi, p, k)$ は、第p番目のブロックのみ符号化パラメータ Q_k を適用し、その以外のブロックに対しては符号割り当て関数 ψ を用いた時の総符号量、量子化誤差の総和、評価関数※

$$\psi^{(t)}(i) = \begin{cases} k^* & : i = p \\ \psi^{(t-1)}(i) & : \text{それ以外} \end{cases} \quad \dots (24)$$

と定義する。

【0047】すなわち、ある時刻tにおける新たな $\psi(t)$ を作成するにあたり、あるブロックpに着目し、古い $\psi(t-1)$ の評価値 $F(\psi(t-1))$ よりも小さくなるように、ブロックpに関する新たな符号割り当てを捜す、ということである。

【0048】この更新法は、平面上に定義されたポテンシャル面上を、平面上の k^N 個の格子点(個々の格子点、相異なる関数 ψ に対応する)を辿りながら、谷間に向かって下降してゆく「最急降下法」である、と比喩的に解釈することもできる。

【0049】最急降下法は一般的に、任意のポテンシャル関数に対する最適解を保証するものではない。とはいえ、以上の記述から明らかなように、この制御手順に従う限り、評価関数Fを単調に減少させる関数 ψ の列が生成される。先に、この制御手順が最小化問題[B]の準最適解を与える、と述べたのは、このような理由による。

【0050】＜誤差評価関数 $E(\psi)$ の拡張＞今までの解説では、符号化画像の画質を評価するのに、(10)式で表される画像全体の量子化誤差の総和(各ブロックごとの自乗誤差の総和)を用いてきた。

【0051】ところが、符号化画像の画質の評価は、必ずしもこのような自乗誤差の総和だけでは不十分である

*0に最も近い符号量 $B(\psi_k)$ が生成されることを意味する。

【0043】ここで、最適な関数 ψ を求める制御手順の初期値 $\psi^{(0)}$ として、この定値関数 ψ_k を採用する。

【0044】次に、N個のブロックの1つ1つについて、逐次的に、評価関数 $F(\psi)$ を最も小さくなるような、符号化パラメータを選びだすことで関数 ψ を更新してゆく。

【0045】すなわち、この逐次的な更新手順のtステップ目において、この時の符号割り当て関数が $\psi^{(t-1)}$ であって、ブロックpが選択されたとすると、ブロックpに対する新たな符号化パラメータの番号 k^* として全てのkに対して、

$$F(\psi, p, k^*) \leq F(\psi, p, k) \quad \dots (20)$$

を満たすものに定める。ただし、

※を各々表している。
【0046】こうして選ばれた符号化パラメータの番号 k^* を用いて、新たな符号割り当て関数 $\psi(t)$ を、
【数7】

ことが知られている。例えば、境界の部分やエッジ部分などでは、自乗誤差は少なくとも人間の目には大きな劣化と感じられ、また、細かいテクスチャー部分の量子化誤差は、さほど気にならない。

【0052】したがって、各ブロックの誤差、

$$e(i, \psi(i)) \quad \dots (25)$$

をそのブロックの周辺のブロックの分布をも考慮した新たな誤差を定義することも考えられる。

【0053】この場合にも、新たな誤差評価関数 $E(\psi)$ は、各ブロックの誤差、

$$e(1, \psi(1)), \dots, e(N, \psi(N)) \quad \dots (26)$$

のN個の和である、という事情に変わりはなく、したがってこの場合にも、本発明の符号量制御手順をいささかの変更することなく適用できることは、(20)式から(24)式を見れば明らかである。

【0054】＜本発明の汎用性＞先に、画像符号化方式を、

直交変換(DCTなど)+スカラー量子化+可変長符号(エントロピー符号)

$$\dots (27)$$

を例にして固定長符号制御の問題について述べたが、本発明の方式では、「アクティビティ」のような直交変換に固有な量を用いるわけではないので、運用できる符号方式の範囲を著しく拡張することができる。

【0055】例えば、LOT (Lapped Orthogonal Transform: 変換の対象となる画素ブロックがお互いにオーバーラップする直交変換) を例に取れば、LOTの場合、生成される変換係数は(元の画素ブロックとはサイズは異なるものの) 完全に分離されたブロック集合となり、さらに、この変換係数ブロック全体の集合の持つ情報量は、元の画像全体の情報量に一致する。つまり、LOTを用いた符号化では、この独立したLOT変換係数ブロック1つ1つを対象とするスカラー量子化と可変長符号が行われる。したがって、上記の制御手順における「ブロック」は「LOT変換係数ブロック」に置き換えられる。

【0056】さらに例を挙げれば、画像をブロック単位でスカラー量子化したのち、ベクトル量子化して、セントロイドの番号を可変長符号に変換するような符号化においても適用可能である。

【0057】より一般化すれば、画像全体の情報を、一定の大きさのブロックの集合に変換したのち、それらのブロック1つごとに可変長符号1つを生成するような符号化(ブロック符号化)で、ブロック毎の符号量制御にスカラーの制御変数を用いる場合には、この制御手順はそのまま適用できることになる。

【0058】《本発明のハードウェアの構成例》

次に、本発明の制御手順を高速実行するハードウェアの構成を述べる。前述のように、この制御手順は、ある画像全体を一定の大きさのブロックの集合に変換した後、それらのブロック1つ毎に可変長符号1つを生成するような符号化方式一般に対して、汎用的に適用できる。そこでこの例では、ブロックの構成要素は、DCTなどの直交変換係数とは限らず、単なる数値に過ぎないとして

【0059】そして、1ブロックを対象とする前置符号化器をK種類用意し、

$$\{C_1, \dots, C_K\} \quad \dots (28)$$

とする。この符号化器は、1ブロックごとに1つの可変長符号を発生するもので、一般に、符号化器の種類が異なれば、異なる符号量と量子化誤差を発生する。したがって、例えば、前述したように、スカラー量子化器とエントロピー符号化器との組み合わせや、セントロイドの番号を可変長符号として発生するようなベクトル量子化器と考えてもよい。

【0060】また、前置符号化器はローカルデコーダを含み、各ブロックごとの量子化誤差も計算する。

【0061】図1はこのような条件で、かつ $K=4$ としたときの符号化回路の一実施例を示すブロック図である。

【0062】この図に示す符号化回路は、4つの前置符号化器1と、4つの量子化誤差・符号量マップ回路2と、符号初期値選択回路3と、量子化誤差総和レジスタ回路4と、符号量総和レジスタ回路5と、最適符号化器

番号マップ回路6と、ブロック番号発生回路7と、最適符号選択回路8と、遅延回路9と、切替スイッチ10と、4つの後置符号化器11とを備えており、予め設定された符号量 B_0 のもとで、全体の量子化誤差の総和が最も小さくなるように、各ブロックに対する符号化パラメータ Q_k を決定して各ブロックを符号化する。

【0063】各前置符号化器1は、各々ローカルデコーダを含むとともに、互いに異なる符号化パラメータ Q_k (但し、 $k=1, \dots, 4$)が各々設定されており、入力画像を構成するN個のブロックが供給される毎に、設定されている符号化パラメータ Q_k に基づいてこのブロックをブロック番号 i (但し、 i は $1, \dots, N$ のいずれか)のブロックとして各々符号化して4つの出力符号の符号量 $b(i, k)$ と、4つの出力符号の量子化誤差 $e(i, k)$ とを生成し、これらを各量子化誤差・符号量マップ回路2に各々、供給する。そして、N個のブロックに対する符号化処理が終了したとき、各前置符号化器1毎に前記入力画像を構成するN個のブロックに対する全体の符号量を示す4つの符号量総和 B_k と、全体の量子化誤差を示す4つの量子化誤差総和 E_k とを演算してこれを符号初期値選択回路3に供給する。

【0064】各量子化誤差・符号量マップ回路2は、各々前記ブロック数Nに対応するN個のセルを持つRAMによって構成されており、前記各前置符号化器1から4つの符号量 $b(i, k)$ と、4つの出力符号の量子化誤差 $e(i, k)$ とが出力される毎に、これを取り込んで対応するブロック番号 i の各セルに各々、格納し、前記最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、この読出し指令によって指定されたブロック番号 p (但し、 p は $1, \dots, N$ のいずれか)に対応する各セルに格納されている4つの符号量 $b(p, k)$ と、4つの出力符号の量子化誤差 $e(p, k)$ とを前記最適符号選択回路8に供給する。

【0065】また、符号初期値選択回路3は、前記各前置符号化器1から4つの符号量総和 B_k と、4つの量子化誤差総和 E_k とが供給されたとき、これを取り込むとともに、前記入力画像に対して設定されている設定符号量 B_0 と、前記各符号量総和 B_k とを各々比較して前記各符号量総和 B_k のうち、設定符号量 B_0 に最も近い符号量総和を示す符号化器1の番号 k を選択してこれを最適符号化器番号マップ回路6に供給するとともに、この符号化器番号 k に対応する1つの符号量総和 B_k を符号量総和レジスタ回路5に供給し、前記符号化器番号 k に対応する1つの量子化誤差総和 E_k を量子化誤差総和レジスタ回路4に供給する。

【0066】符号量総和レジスタ回路5は、前記符号初期値選択回路3から1つの符号量総和 B_k が出力されたとき、これを取り込んで記憶するとともに、前記最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、記憶している符号量総和 B_k を前記最適符号選択回路8に供給する。そして、この最適符号選択回路8から書込み指令

10

20

30

40

50

が出力されたとき、この書き込み指令とともに出力される符号量総和 B_k を取り込んでそれまでの符号量総和 B_k に代えてこれを記憶し、この後最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、記憶している符号量総和 B_k を前記最適符号選択回路8に供給する。

【0067】また、量子化誤差総和レジスタ回路4は、前記符号初期値選択回路3から1つの量子化誤差総和 E_k が出力されたとき、これを取り込んで記憶するとともに、前記最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、記憶している量子化誤差総和 E_k を前記最適符号選択回路8に供給する。そして、この最適符号選択回路8から書き込み指令が出力されたとき、この書き込み指令とともに出力される量子化誤差総和 E_k を取り込んでそれまでの量子化誤差総和 E_k に代えてこれを記憶し、この後最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、記憶している量子化誤差総和 E_k を前記最適符号選択回路8に供給する。

【0068】また、最適符号化器番号マップ回路6は、前記入力画像を構成するブロックの数と対応するN個のセルを有するRAMによって構成されており、前記符号初期値選択回路3から設定符号量 B_0 に最も近い符号量総和を示す1つの符号化器番号 k が出力されたとき、これを取り込んで全てのセルに書き込む。そして、前記最適符号選択回路8から読出し指令が出力されたとき、この読出し指令によって指定されたブロック番号 p に対応するセルに格納されている符号化器番号 k を読出し、これを初期符号化器番号OPT(p)として、前記最適符号選択回路8に供給し、またこの最適符号選択回路8から書き込み指令が出力されたとき、この書き込み指令とともに出力される最適符号化器番号 k^* を最適符号化器番号OPT(p)として指定されたブロック番号 p に対応するセルに記憶する。そして、全てのセルに対する最適符号化器番号OPT(p)の書き込みが終了したとき、先頭のセルから最適符号化器番号OPT(i)を順次、読み出し、これ*

$$F(p, k) = E(p, k) + \lambda \cdot (B(p, k) - B_0)^2 \quad \dots (30)$$

$$E(p, k) = E_k - e(p, OPT(p)) + e(p, k) \quad \dots (31)$$

$$B(p, k) = B_k - b(p, OPT(p)) + b(p, k) \quad \dots (32)$$

この後、最適符号選択回路8は、最適符号化器番号 k^* ※和 E_k^* と、符号量総和 B_k^* とを求め、
に基づいて次式に示す演算を行って新たな量子化誤差総和※ 【0072】

$$E_k^* = E_k - e(p, OPT(p)) + e(p, k^*) \quad \dots (33)$$

$$B_k^* = B_k - b(p, OPT(p)) + b(p, k^*) \quad \dots (34)$$

そして、この(33)式によって得られる量子化誤差総和 E_k^* を新たな量子化誤差総和 E_k として前記量子化誤差総和レジスタ回路4に格納するとともに、前記(34)式によって得られる符号量総和 B_k^* を新たな符号量総和 B_k として前記符号量総和レジスタ回路5に格納する。

【0073】次いで、前記(29)式によって得られた最適符号化器番号 k^* を最適符号化器番号OPT(p)として前記最適符号化器番号マップ回路6に供給し、前記

*を切替信号として切替スイッチ10に供給し、最後のセルに格納されている最適符号化器番号OPT(N)を読み出してこれを切替信号として切替スイッチ10に供給した後、動作を終了する。

【0069】また、ブロック番号発生回路7は、前記符号量総和レジスタ回路5に対する最初の符号量総和 B_k の格納処理および前記量子化誤差総和レジスタ回路4に対する最初の量子化誤差総和 E_k の格納処理、前記最適符号化器番号マップ回路6に対する符号化器番号 k の格納処理が終了した後、動作を開始してN個のブロック番号 p をランダムに発生し、これを最適符号選択回路8に供給する。そして、全てのブロック番号 p の発生を終了したとき、動作を停止する。

【0070】最適符号選択回路8は、前記ブロック番号発生回路7からブロック番号 p が出力される毎に、前記設定符号量 B_0 および前記符号量総和レジスタ回路5に格納されている符号量総和 B_k 、前記量子化誤差総和レジスタ回路4に格納されている量子化誤差総和 E_k を取り込むとともに、前記ブロック番号 p に基づいて前記各量子化誤差・符号量マップ回路2をアクセスして前記ブロック番号 p に対応する各セルに格納されている4つの符号量 $b(p, k)$ と、4つの量子化誤差 $e(p, k)$ とを取り込み、さらに前記最適符号化器番号マップ回路6をアクセスして前記ブロック番号 p に対応するセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)を取り込んだ後、これら設定符号量 B_0 、符号量総和 B_k 、量子化誤差総和 E_k 、各符号量 $b(p, k)$ 、各量子化誤差 $e(p, k)$ 、初期符号化器番号OPT(p)に基づいて次式に示す演算を行って、全ての符号化器番号 k に対して次式を満たす最適符号化器番号 k^* を求める。

$$【0071】 F(p, k^*) \leq F(p, k) \quad \dots (29)$$

ただし、

ブロック番号 p に対応するセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)に代えてこの最適符号化器番号OPT(p)を記憶させる。

【0074】また、遅延回路9は前記入力画像を構成するN個のブロックが供給される毎に、これを取り込みながら順次、遅延してファーストイン・ファーストアウト形式で出力するFIFOメモリによって構成されており、前記ブロックが供給される毎に、これを取り込んで順次、遅延しながら、前記最適符号化器番号マップ回路

6にある全てのセルに対して最適符号化器番号OPT(p)が格納されて、この最適符号化器番号マップ回路6から最初の切替信号が出力されたとき、最初のブロック番号1に対応するブロックを出力してこれを前記切替スイッチ10に供給する。以下、前記最適符号化器番号マップ回路6から切替信号が出力される毎に、順次、次のブロックを出力してこれを前記切替スイッチ10に供給する。

【0075】切替スイッチ10は、前記最適符号化器番号マップ回路6から切替信号が出力される毎に、この切替信号によって指定された後置符号化器11を選択するとともに、前記遅延回路9から出力されるブロックを受けて、これを選択した後置符号化器11に供給する。

【0076】各後置符号化器11には、各前置符号化器1と各々対応する符号化パラメータ Q_k が設定されており、前記切替スイッチ10から入力画像を構成するブロックが供給される毎に、設定されている符号化パラメータ Q_k に基づいてこのブロックを符号化してこれを出力符号として出力する。

【0077】次に、図1を参照しながら、この符号化回路の符号化動作を説明する。

【0078】まず、入力画像を構成するN個のブロックの1つが入力される毎に、各前置符号化器1によって予め設定されている符号化パラメータ Q_k に基づいて前記ブロックがブロック番号iのブロックとして符号化されて4つの出力符号の符号量 $b(i,k)$ と、4つの出力符号の量子化誤差 $e(i,k)$ とが生成され、これらが各量子化誤差・符号量マップ回路2に供給されて対応するブロック番号iの各セルに格納される。

【0079】そして、各前置符号化器1によってN個のブロックに対する符号化処理が終了したとき、前記入力画像を構成するN個のブロックに対する全体の符号量を示す4つの符号量総和 B_k と、全体の量子化誤差を示す4つの量子化誤差総和 E_k とが演算されてこれが符号初期値選択回路3に供給される。

【0080】これにより、符号初期値選択回路3によって前記入力画像に対して設定されている設定符号量 B_0 と、前記各前置符号化器1から出力される4つの符号量総和 B_k とが各々比較されて前記符号量総和 B_k のうち、設定符号量 B_0 に最も近い符号量総和を示す1つの符号化器番号kが選択され、これが最適符号化器番号マップ回路6に供給されて全てのブロックに対応する全てのセルに記憶されるとともに、この符号化器番号kに対応する1つの符号量総和 B_k が符号量総和レジスタ回路5に供給されて記憶され、さらに前記符号化器番号kに対応する1つの量子化誤差総和 E_k が量子化誤差総和レジスタ回路4に供給されて記憶される。

【0081】この後、ブロック番号発生回路7が動作を開始して、このブロック番号発生回路7によってN個のブロック番号pの1つがランダムに生成されてこれが最

適符号選択回路8に供給される。

【0082】そして、前記ブロック番号発生回路7から最初のブロック番号pが出力されたとき、最適符号選択回路8によって前記設定符号量 B_0 および前記符号量総和レジスタ回路5に格納されている1つの符号量総和 B_k 、前記量子化誤差総和レジスタ回路4に格納されている1つの量子化誤差総和 E_k が取り込まれるとともに、前記ブロック番号pに基づいて前記各量子化誤差・符号量マップ回路2がアクセスされて前記ブロック番号pに対応する4つのセルに格納されている4つの符号量 $b(p,k)$ と、4つの量子化誤差 $e(p,k)$ とが取り込まれ、さらに前記最適符号化器番号マップ回路6がアクセスされて前記ブロック番号pに対応する1つのセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)が取り込まれた後、これら設定符号量 B_0 、符号量総和 B_k 、量子化誤差総和 E_k 、各符号量 $b(p,k)$ 、各量子化誤差 $e(p,k)$ 、初期符号化器番号OPT(p)に基づいて前記(29)式～(32)式が演算されて、全ての符号化器番号kに対し、前記(29)式を満たす最適符号化器番号 k^* が求められる。

【0083】この後、最適符号選択回路8によって前記最適符号化器番号 k^* に基づき前記(33)式、(34)式に示す演算が行われて新たな符号量総和 B_{k^*} と、新たな量子化誤差総和 E_{k^*} とが求められる。

【0084】そして、この量子化誤差総和 E_{k^*} が新たな量子化誤差総和 E_k として前記量子化誤差総和レジスタ回路4に格納されるとともに、符号量総和 B_{k^*} が新たな符号量総和 B_k として前記符号量総和レジスタ回路5に格納される。

【0085】次いで、前記(29)式によって得られた最適符号化器番号 k^* が最適符号化器番号OPT(p)として前記最適符号化器番号マップ回路6に供給され、前記ブロック番号pに対応するセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)に代えてこの最適符号化器番号OPT(p)が記憶される。

【0086】以下、ブロック番号発生回路7によって新たなブロック番号pが生成される毎に、上述した動作が繰り返されて最適符号化器番号マップ回路6の対応するセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)が最適符号化器番号OPT(p)に書き換えられる。

【0087】そして、最適符号化器番号マップ回路6の全てのセルに格納されている初期符号化器番号OPT(p)が最適符号化器番号OPT(p)に書き換えられたとき、この最適符号化器番号マップ回路6によって先頭のセルに格納されている最適符号化器番号OPT(i)が読み出されてこれが切替信号として切替スイッチ10に供給されてこの切替信号に対応する後置符号化器11が選択される。

【0088】また、この動作と並行して、遅延回路9によって前記入力画像を構成するN個のブロックが供給さ

れる毎に、これが取り込まれて順次、遅延され、前記最適符号化器番号マップ回路6から最初の切替信号が出力されたとき、最初のブロック番号1に対応するブロックが出力されてこれが前記切替スイッチ10に供給され、この切替スイッチ10によって選択されている後置符号化器11によって符号化され、この符号化動作によって得られた符号が出力符号として出力される。

【0089】以下、最適符号化器番号マップ回路6から次のセルに格納されている最適符号化器番号OPT(i)が読み出されて、これが切替信号として切替スイッチ10に供給され、この切替スイッチ10によって後置符号化器11が選択される毎に、遅延回路9から次のブロックが出力されて、これが切替スイッチ10によって選択されている後置符号化器11によって符号化されて出力符号として出力される。

【0090】そして、最適符号化器番号マップ回路6から最後のセルに格納されている最適符号化器番号OPT(N)が読み出されて、これが切替信号として切替スイッチ10に供給され、この切替スイッチ10によって後置符号化器11が選択されるとともに、遅延回路9から最後のブロックが出力されて、これが切替スイッチ10によって選択されている後置符号化器11によって符号化されて出力符号として出力された後、この符号化回路の符号化動作が終了する。

【0091】

【発明の効果】本発明による符号量制御は、前述のように、汎用性が高く、画像全体の情報を一定の大きさのブロックの集合に変換した後、それらのブロック1つごとに可変長符号1つを生成するような符号化方式（ブロック符号化）であれば適用することができる。

【0092】また、従来の符号量制御方式とは異なり、符号化された画像の量子化誤差を直接の制御対象としているため、所定符号量の範囲内での最良の画質を実現することができる。

【0093】また、ブロックの数Nが大きいほど、最適な符号割り当てを実現する確率が大きくなるので、ハイビジョンなどの大規模な画像の符号化にも適している。このため、ハイビジョン画像を対象とするDCTとL0Tの符号化（共に8×8の変換係数ブロックを生成する場合）で、達成符号量の誤差を1/1000以下に押さえることができる。

【0094】このため、オーバーフローによる破綻を避けるための符号切捨て処理の比重が著しく低減し、安定した符号化画質を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る画像符号化時における符号量制御装置の実施例構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1 前置符号化器
- 2 量子化誤差・符号量マップ回路
- 3 符号初期値選択回路
- 4 量子化誤差総和レジスタ回路
- 5 符号量総和レジスタ回路
- 6 最適符号化器番号マップ回路
- 7 ブロック番号発生回路
- 8 最適符号選択回路
- 9 遅延回路
- 10 切替スイッチ
- 11 後置符号化器

(切换信号)

